

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-196686  
 (43)Date of publication of application : 31.07.1997

(51)Int.Cl.

G01C 19/56  
G01P 9/04

(21)Application number : 08-024822

(22)Date of filing : 19.01.1996

(71)Applicant : SONY CORP

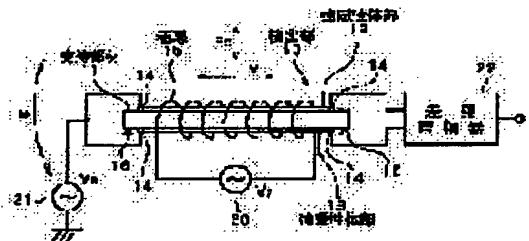
(72)Inventor : KAWAMURA NAOKO  
MATSUMURA KOICHI  
AIZAWA MANABU  
AIZAWA TOSHIO

## (54) ANGULAR VELOCITY SENSOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an angular velocity sensor whose configuration is simple and whose sensitivity and accuracy are enhanced.

**SOLUTION:** When an AC current is applied to a winding 15 at a detection part 10, ferromagnetic parts 12, 13 are excited, and the respective ferromagnetic parts 12, 13 are vibrated (expanded and contracted) in the length direction due to a magnetostrictive effect. When the ferromagnetic parts 12, 13 being vibrated are turned at an angular velocity  $\omega$ , Coriolis' force  $F_c$  acts on the ferromagnetic parts 12, 13, a support member 11 is bent, and a stress acts on the ferromagnetic parts 12, 13 in such a way that the other out of the ferromagnetic parts 12, 13 is contracted when one out of them is expanded. Thereby, a difference is generated in the impedance of the ferromagnetic parts 12, 13 due to a reverse magnetostrictive effect. Consequently, a high-frequency voltage  $V_s$  is applied across the ferromagnetic parts 12, 13 by a high-frequency power supply 21, and the difference in a current flowing to the ferromagnetic parts 12, 13 is amplified by a differential amplifier 22. Thereby, the angular velocity  $\omega$  can be found on the basis of the output of the differential amplifier 22.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-196686

(43)公開日 平成9年(1997)7月31日

(51)Int.Cl.<sup>a</sup>  
G 0 1 C 19/56  
G 0 1 P 9/04

識別記号 庁内整理番号  
9402-2F

F I  
G 0 1 C 19/56  
G 0 1 P 9/04

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1 FD (全6頁)

(21)出願番号 特願平8-24822

(22)出願日 平成8年(1996)1月19日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 川村 尚古

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
一株式会社内

(72)発明者 松村 恒一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
一株式会社内

(72)発明者 相澤 学

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
一株式会社内

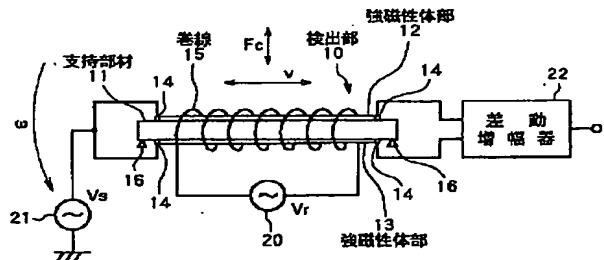
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 角速度センサ

(57)【要約】

【課題】 構成を簡単にし、感度および精度を向上させ  
る。

【解決手段】 検出部10の巻線15に交流電流が通電  
されると、強磁性体部12, 13が励磁され、各強磁性  
体部12, 13が磁歪効果によって長手方向に振動（伸  
縮）する。振動中の強磁性体部12, 13が角速度 $\omega$ で  
回転すると、強磁性体部12, 13にコリオリ力 $F_c$ が  
作用し、支持部材11が撓み、強磁性体部12, 13の  
一方が伸びるときは他方が縮むように強磁性体部12,  
13に応力が作用する。これにより、逆磁歪効果によっ  
て強磁性体部12, 13のインピーダンスに差に生じ  
る。従って、高周波電源21によって各強磁性体部1  
2, 13に高周波電圧 $V_s$ を印加して、各強磁性体部1  
2, 13に流れる電流の差を差動増幅器22によって増  
幅することにより差動増幅器22の出力より角速度 $\omega$ を  
求めることができる。



2

性体部には角速度に応じたコリオリ力が作用し、このコリオリ力によって支持部材が撓み、これにより、逆磁歪効果によって二つの強磁性体部のインピーダンスに差に生じる。従って、検出手段によって、二つの強磁性体部のインピーダンスの差に応じた信号を検出することにより、角速度を求めることができる。

## 【0007】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

10 【0008】図1は本発明の第1の実施の形態に係る角速度センサの構成を示す説明図、図2は図1における検出部の平面図である。これらの図に示したように、本実施の形態に係る角速度センサは、計測対象に取り付けられる検出部10を備えている。検出部10は、適度の弾性率を有する非磁性材料で形成され、平行な二面を有する細長い板状の支持部材11と、この支持部材11の平行な二面にそれぞれ設けられた磁歪効果および逆磁歪効果を有する細長い板状の二つの強磁性体部12、13と、各強磁性体部12、13の両端部にそれぞれ設けられた電極部14と、支持部材11および強磁性体部12、13の周囲に巻回され、交流電流の通電により強磁性体部12、13を磁歪効果によって長手方向に振動（伸縮）させるための巻線15とを有する検出部10を備えている。

20 【0009】強磁性体部12、13は、Ni-Fe系、Co-Fe系等の合金（例えばパーマロイ（商品名））やアモルファス等、磁歪効果および逆磁歪効果を有する強磁性体で形成される。強磁性体の磁歪定数は、例えば $1 \times 10^{-6}$ より大きい値とする。このような強磁性体の組成の一例としては、Co 65%， Fe 10%， Ca 15%， B 10%が挙げられる。強磁性体部12、13の形状は、例えば長さ15mm、幅0.1mm、厚み25μmとしている。強磁性体部12、13は、長手方向に振動（伸縮）できるように、支持部材11に対して長手方向に摺動可能に取り付けるのが好ましい。電極部14は、例えば、強磁性体部12、13の両端部に銀ペースト（銀粉と有機性硬化樹脂の混合物）を付着させて形成される。巻線15には、交流電源20によって、例えば周波数が100Hzよりも大きい励磁信号 $V_r$ が印加されるようになっている。検出部10は、図1に示したように、支持部材11の両端部近傍の2箇所を支点16として、測定箇所に固定されるようになっている。

30 【0010】本実施の形態に係る角速度センサは、更に、角速度により強磁性体部12、13に作用するコリオリ力によって生じる支持部材11の撓みに応じて、逆磁歪効果によって生じる二つの強磁性体部12、13のインピーダンスの差に応じた信号を検出する検出手段として、各強磁性体部12、13に高周波電圧 $V_s$ を印加する高周波電源21と、この高周波電圧 $V_s$ によって各強磁性体部12、13に流れる電流の差を増幅する差動

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 平行な二面を有する細長い支持部材と、前記支持部材の前記二面にそれぞれ設けられた磁歪効果および逆磁歪効果を有する細長い二つの強磁性体部と、前記強磁性体部の周囲に巻回され、交流電流の通電により前記強磁性体部を磁歪効果によって長手方向に振動させるための巻線と、角速度により前記強磁性体部に作用するコリオリ力によって生じる前記支持部材の撓みに応じて、逆磁歪効果によって生じる二つの強磁性体部のインピーダンスの差に応じた信号を検出する検出手段とを備えたことを特徴とする角速度センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、強磁性体の磁歪効果および逆磁歪効果を利用した角速度センサに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より、角速度センサとしては、ピエゾジャイロのように、圧電セラミック素子（以下、単に圧電素子と言う。）を利用してそれが種々提案されている。例えばピエゾジャイロでは、振動体に駆動用圧電素子と検出用圧電素子とが取り付けられ、駆動用圧電素子によって振動体を振動させ、角速度によって振動体に作用するコリオリ力を検出用圧電素子を用いて検出するようになっている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述のような従来の角速度センサでは、検出用圧電素子の出力が小さく、例えば出力を30倍程度増幅するアンプが必要になる等、感度が劣るという問題点があった。また、構造が複雑で、組立工数が多く、コストが高くなるという問題点があった。更には、ドリフトやオフセットが大きく精度が劣るという問題点があった。

【0004】 本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その課題は、構成が簡単で、感度および精度の高い角速度センサを提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明の角速度センサは、平行な二面を有する細長い支持部材と、支持部材の二面にそれぞれ設けられた磁歪効果および逆磁歪効果を有する細長い二つの強磁性体部と、強磁性体部の周囲に巻回され、交流電流の通電により強磁性体部を磁歪効果によって長手方向に振動させるための巻線と、角速度により強磁性体部に作用するコリオリ力によって生じる支持部材の撓みに応じて、逆磁歪効果によって生じる二つの強磁性体部のインピーダンスの差に応じた信号を検出する検出手段とを備えたものである。

【0006】 この角速度センサでは、強磁性体部の周囲に巻回された巻線に交流電流を通電すると、強磁性体部は磁歪効果によって長手方向に振動する。振動中の強磁

増幅器22とを備えている。

【0011】ここで、図3を参照して、検出部10の強磁性体部12、13に作用する応力とインピーダンスとの関係について説明する。ここでは、図3に示したように、適度の弾性率を有する細長い板状の基体31の一面に強磁性体層32を接合した素子30を考える。強磁性体層32は、強磁性体部12、13と同様に磁歪効果および逆磁歪効果を有するものである。この素子30は、強磁性体層32が接合された面とは反対側における基体31の両端部近傍の2箇所を支点34、34として測定箇所に固定されるようになっている。

【0012】Ni-Fe系、Co-Fe系等の強磁性体の合金膜やアモルファス膜は、磁歪効果を有し、磁歪定数( $\lambda$ )は $\pm 50 \times 10^{-6}$ 程度であるが、応力に応じて抗磁力、インダクタンス、透磁率等の磁気特性が変化する逆磁歪効果も有することが明らかになっている。

【0013】ここで、逆磁歪効果を有する強磁性体における応力と透磁率の関係について考察する。等方磁歪の場合に、応力を $\sigma$ とすると、強磁性体内部に発生する磁気弾性エネルギー(一軸異方性エネルギー)Eは、次の

(1)式のように表される(近角著「強磁性」(裳華房、1936年発行)の第130ページ参照)。

#### 【0014】

【数1】 $E = (-3/2) \cdot \lambda \cdot \sigma \cdots (1)$

【0015】磁気弾性エネルギーEは、強磁性体の透磁率 $\mu$ に影響し、次の(2)式の関係がある(前出の「強磁性」の第187ページ参照)。

#### 【0016】

【数2】 $\mu \propto 1/E \cdots (2)$

【0017】ここで、応力 $\sigma$ の絶対値が小さい範囲すなわち磁気弾性エネルギーEの絶対値が小さい範囲では、透磁率 $\mu$ の変化量 $\Delta \mu$ は、近似的に次の(3)式のように表すことができる。

#### 【0018】

【数3】 $\Delta \mu \propto E \cdots (3)$

【0019】一方、図3に示したような構造の素子30では、基体31に外力Fが作用すると、基体31が撓み、強磁性体層32に応力が作用する。外力Fと強磁性体層32に作用する応力 $\sigma$ との関係は、次の(4)式のように表される。ただし、kは係数である。

#### 【0020】

【数4】 $\sigma \propto k \cdot F \cdots (4)$

【0021】(1)式、(3)式および(4)式より、次の(5)式が導かれる。

#### 【0022】

【数5】 $\Delta \mu \propto E \propto \lambda \cdot \sigma \propto \lambda \cdot F \cdots (5)$

【0023】強磁性体層32のインダクタンスLの変化量 $\Delta L$ は $\Delta \mu$ に比例するので、次の(6)式が導かれる。

#### 【0024】

【数6】 $\Delta L \propto F \cdots (6)$

【0025】ここで、測定角周波数を $\omega$ とすると、強磁性体層32のインピーダンスZは、次の(7)式で表される。ただし、Rは抵抗である。

#### 【0026】

【数7】 $Z = R + j \cdot \omega \cdot L \cdots (7)$

【0027】(6)式および(7)式より、強磁性体層32のインダクタンスLおよびインピーダンスZは外力Fに応じて変化することが分かる。

10 【0028】図4は、強磁性体層32の両端間に13MHzの高周波電圧を印加し、強磁性体層32に13MHzの高周波電流を通電した場合において素子30に作用する応力(外力Fに比例)と強磁性体層32のリアクタンス( $\omega \cdot L$ )との関係を測定した結果の一例を示したものである。なお、ここでは、図4の縦軸の2つのスケールのうち左側のものを用いる。この図から、応力(外力)の小さい範囲では、強磁性体部12のインピーダンスZを決定するリアクタンス( $\omega \cdot L$ )が、応力(外力)に応じて略直線的に変化することが分かる。

20 【0029】また、図3に示したように、基体31のおよび強磁性体層32の周囲に導線を例えば200回の巻回してなる巻線35を設け、この巻線35に1MHzの高周波電流を通電した場合において素子30に作用する応力と強磁性体層32および巻線35を含むコイルのリアクタンス( $\omega \cdot L$ )との関係を測定した結果も、図4に示したように、前述の素子30に作用する応力と強磁性体層32のリアクタンス( $\omega \cdot L$ )との関係と同様となった。なお、ここでは、図4の縦軸の2つのスケールのうち右側のものを用いる。従って、応力(外力)の小さい範囲では、強磁性体層32および巻線35を含むコイルのインピーダンスZを決定するリアクタンス( $\omega \cdot L$ )が、応力(外力)に応じて略直線的に変化することが分かる。

30 【0030】このように、強磁性体層32に応力が作用すると、強磁性体層32のインピーダンスおよび強磁性体層32および巻線35を含むコイルのインピーダンスが変化する。図1における検出部10についても同様であり、強磁性体部12、13に応力が作用すると、強磁性体部12、13のインピーダンスが変化する。

40 【0031】次に、本実施の形態に係る角速度センサの作用について説明する。

【0032】検出部10の巻線15には、交流電源20によって、例えば周波数が100Hzよりも大きい励磁信号 $V_r$ が印加され、巻線15に交流電流が通電される。これにより、各強磁性体部12、13が励磁され、各強磁性体部12、13が磁歪効果によって長手方向に振動(伸縮)する。このように振動中の強磁性体部12、13が、図1に示したように角速度 $\omega$ で回転すると、強磁性体部12、13にはコリオリ力 $F_c$ が作用する。強磁性体部12、13の振動の速度を $v$ とすると、

コリオリ力  $F_c$  は、 $\omega v$  に比例した大きさを持ち、方向は速度  $v$  の方向を角速度  $\omega$  の方向と反対の方向に  $90^\circ$  回転した方向となる。強磁性体部 12, 13 がコリオリ力  $F$  を受けることによって支持部材 11 は撓み、強磁性体部 12, 13 の一方が伸びるときは他方が縮むように、強磁性体部 12, 13 に応力が作用する。これにより、逆磁歪効果によって強磁性体部 12, 13 のインピーダンスが変化すると共に、強磁性体部 12, 13 のインピーダンスの変化量が異なるため、強磁性体部 12, 13 のインピーダンスに差に生じる。従って、強磁性体部 12, 13 のインピーダンスの差に応じた信号を検出することにより、角速度  $\omega$  を求めることができる。本実施の形態では、強磁性体部 12, 13 のインピーダンスの差に応じた信号を検出するために、高周波電源 21 によって各強磁性体部 12, 13 に高周波電圧  $V_s$  を印加して、各強磁性体部 12, 13 に流れる電流の差を差動増幅器 22 によって増幅しており、差動増幅器 22 の出力より角速度  $\omega$  を求めることができる。

【0033】以上説明したように本実施の形態に係る角速度センサによれば、構成が簡単であるためコストを低減することができる。また、構成が簡単であると共に、同様の強磁性体部 12, 13 のインピーダンスの差に応じた信号を検出するようにしたので、ドリフトやオフセットが小さく（オフセットはほとんど零にすることが可能）、精度が向上する。更に、本実施の形態に係る角速度センサでは、従来の圧電素子を利用した角速度センサに比べて、例えば 10 倍以上の大きな出力が得られるため、感度が向上する。

【0034】図 5 は本発明の第 2 の実施の形態に係る角速度センサの構成を示す説明図である。本実施の形態に係る角速度センサは、計測対象に取り付けられる検出部 40 を備えている。検出部 40 は、適度の弾性率を有する非磁性材料で形成された支持部材 41 を有している。支持部材 41 は、二つの細長い板状部 41a, 41b を所定の間隔で平行に配置し、これら板状部 41a, 41b の両端部間を連結した形状に形成されている。検出部 40 は、更に、支持部材 41 の板状部 41a, 41b の外側の平行な二面にそれぞれ設けられた磁歪効果および逆磁歪効果を有する細長い板状の二つの強磁性体部 42, 43 と、板状部 41a および強磁性体部 42 の周囲に巻回され、高周波電流の通電により強磁性体部 42 を磁歪効果によって長手方向に振動（伸縮）させると共に強磁性体部 42 のインピーダンスの変化を検出するための巻線 45a と、板状部 41b および強磁性体部 43 の周囲に巻回され、高周波電流の通電により強磁性体部 43 を磁歪効果によって長手方向に振動（伸縮）させると共に強磁性体部 43 のインピーダンスの変化を検出するための巻線 45b とを有している。強磁性体部 42, 43 は、第 1 の実施の形態における強磁性体部 12, 13 と同様のものであり、板状部 41a, 41b に対する取

り付け方法も第 1 の実施の形態と同様である。検出部 40 は、支持部材 41 の両端部近傍の 2箇所を支点 46 として、測定箇所に固定されるようになっている。

【0035】本実施の形態に係る角速度センサは、更に、角速度により強磁性体部 42, 43 に作用するコリオリ力によって生じる板状部 41a, 41b の撓みに応じて、逆磁歪効果によって生じる二つの強磁性体部 42, 43 のインピーダンスの差に応じた信号を検出する検出手段として、各巻線 45a, 45b に高周波電圧  $V_s$  を印加する高周波電源 51 と、この高周波電圧  $V_s$  によって各巻線 45a, 45b に流れる電流の差を增幅する差動増幅器 52 とを備えている。

【0036】次に、本実施の形態に係る角速度センサの作用について説明する。

【0037】検出部 40 の各巻線 45a, 45b には、高周波電源 51 によって、例えば 1 MHz の高周波電圧が印加される。この高周波電圧は、各強磁性体部 42, 43 を振動させるための励磁信号と各強磁性体部 42, 43 のインピーダンスの変化を検出するための高周波電圧とを兼ねたものである。この高周波電圧の印加により、各強磁性体部 42, 43 は磁歪効果によって長手方向に振動（伸縮）する。このように振動中の強磁性体部 42, 43 が、図 5 に示したように角速度  $\omega$  で回転すると、強磁性体部 42, 43 にはコリオリ力  $F_c$  が作用する。強磁性体部 42, 43 の振動の速度を  $v$  とすると、コリオリ力  $F_c$  は、 $\omega v$  に比例した大きさを持ち、方向は速度  $v$  の方向を角速度  $\omega$  の方向と反対の方向に  $90^\circ$  回転した方向となる。強磁性体部 42, 43 がコリオリ力  $F_c$  を受けることによって支持部材 41 の板状部 41a, 41b は撓み、強磁性体部 42, 43 の一方が伸びるときは他方が縮むように、強磁性体部 42, 43 に応力が作用する。これにより、逆磁歪効果によって強磁性体部 42, 43 のインピーダンスが変化すると共に、強磁性体部 42, 43 のインピーダンスに差に生じる。従って、強磁性体部 42, 43 のインピーダンスの差に応じた信号を検出することにより、角速度  $\omega$  を求めることができる。本実施の形態では、高周波電源 51 による高周波電圧の印加によって各巻線 45a, 45b に流れる電流の差を差動増幅器 52 によって増幅し、この差動増幅器 52 の出力より角速度  $\omega$  を求めるようになっている。

【0038】本実施の形態に係る角速度センサのその他の構成、作用および効果は第 1 の実施の形態と同様にである。

【0039】なお、本発明は上記各実施の形態に限定されず、例えば、強磁性体部 12, 13, 42, 43 の形状および材料等の条件は用途等に応じて適宜に設定することができる。また、検出手段の構成は、各実施の形態に示したものに限定されず、例えば、第 1 の実施の形態

における強磁性体部12、13に流れる電流の位相差や第2の実施の形態における巻線45a、45bに流れる電流の位相差を検出し、この位相差から角速度を求めるようにしても良い。また、例えば、強磁性体部12、13、強磁性体部42および巻線45a、強磁性体部43および巻線45bを、それぞれ、LC(インダクタンス・コンデンサ)発振器のL(インダクタンス)となるよう構成し、各LC発振器の発振周波数の変化から角速度を求めるようにしても良い。

## 【0040】

【発明の効果】以上説明したように本発明の角速度センサによれば、強磁性体部を磁歪効果によって長手方向に振動させ、角速度に応じたコリオリ力によって生じる支持部材の揺みに応じて、逆磁歪効果によって生じる二つの強磁性体部のインピーダンスの差に応じた信号を検出することにより、角速度を検出するようにしたので、構成が簡単であり、しかも、従来の圧電素子を利用した角速度センサに比べて大きな出力が得られるため感度が向

上すると共にドリフトやオフセットが小さくなるため精度が向上するという効果を奏する。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る角速度センサの構成を示す説明図である。

【図2】図1における検出部の平面図である。

【図3】図1における検出部の強磁性体部に作用する応力とインピーダンスとの関係について説明するための斜視図である。

【図4】図3に示した素子に作用する応力とリアクタンスとの関係を測定した結果の一例を示す特性図である。

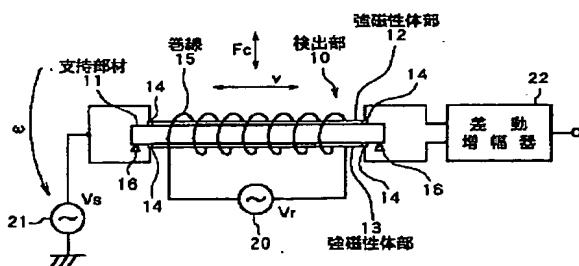
【図5】本発明の第2の実施の形態に係る角速度センサの構成を示す説明図である。

## 【符号の説明】

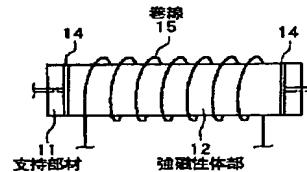
10 10…検出部、11…支持部材、12、13…強磁性体部、15…巻線

20…交流電源、21…高周波電源、22…差動増幅器

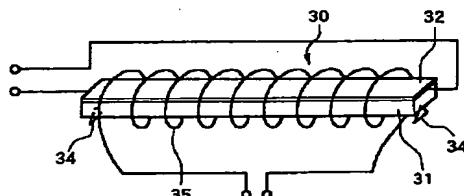
【図1】



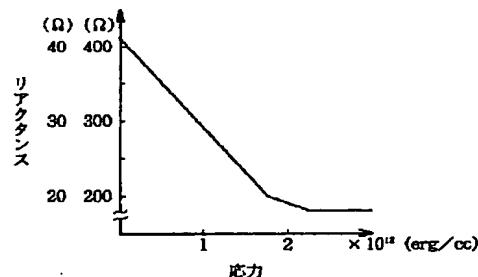
【図2】



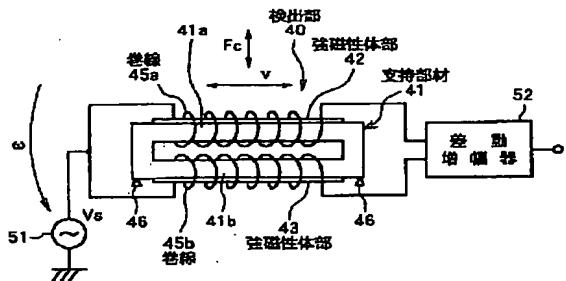
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72) 発明者 相沢 俊雄  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The long and slender supporter material which has the second parallel page, and the two long and slender ferromagnetic sections which have the magnetostrictive effect and reverse magnetostrictive effect which were prepared in said second page of said supporter material, respectively, The coil for being wound around the perimeter of said ferromagnetic section and vibrating said ferromagnetic section to a longitudinal direction according to a magnetostrictive effect by energization of alternating current, The angular-velocity sensor characterized by having a detection means to detect the signal according to the difference of the impedance of the two ferromagnetic sections produced according to a reverse magnetostrictive effect, according to bending of said supporter material produced by the Coriolis force which acts on said ferromagnetic section with angular velocity.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]**

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the angular-velocity sensor using the magnetostrictive effect and reverse magnetostrictive effect of a ferromagnetic.

[0002]

[Description of the Prior Art] Before, as an angular-velocity sensor, the thing using a piezo-electric ceramic component (only henceforth a piezoelectric device) is variously proposed like a piezo gyroscope. For example, with a piezo gyroscope, the piezoelectric device for a drive and the piezoelectric device for detection are attached in an oscillating object, an oscillating object is vibrated by the piezoelectric device for a drive, and the Coriolis force which acts on an oscillating object with angular velocity is detected using the piezoelectric device for detection.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, by the above conventional angular-velocity sensors, the output of the piezoelectric device for detection was small, for example, there was a trouble that sensibility was inferior in the amplifier which amplifies an output about 30 times being needed etc. Moreover, there was a trouble that structure was complicated, there were many erectors and cost became high. Furthermore, there was a trouble that a drift and offset were large and precision was inferior.

[0004] This invention was made in view of this trouble, the technical problem is easy to constitute and it is to offer an angular-velocity sensor with high sensibility and precision.

[0005]

[Means for Solving the Problem] The long and slender supporter material which has the second page with the parallel angular-velocity sensor of this invention, and the two long and slender ferromagnetic sections which have the magnetostrictive effect and reverse magnetostrictive effect which were prepared in the second page of supporter material, respectively, The coil for being wound around the perimeter of the ferromagnetic section and vibrating the ferromagnetic section to a longitudinal direction according to a magnetostrictive effect by energization of alternating current, According to bending of the supporter material produced by the Coriolis force which acts on the ferromagnetic section with angular velocity, it has a detection means to detect the signal according to the difference of the impedance of the two ferromagnetic sections produced according to a reverse magnetostrictive effect.

[0006] By this angular-velocity sensor, if alternating current is energized to the coil wound around the perimeter of the ferromagnetic section, the ferromagnetic section will vibrate to a longitudinal direction according to a magnetostrictive effect. The Coriolis force according to angular velocity acts on the ferromagnetic section under vibration, supporter material bends by this Coriolis force, and this arises in the impedance of the two ferromagnetic sections according to a reverse magnetostrictive effect at a difference. Therefore, it can ask for angular velocity by detecting the signal according to the difference of the impedance of the two ferromagnetic sections with a detection means.

[0007]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail with reference to a drawing.

[0008] The explanatory view and drawing 2 which show the configuration of the angular-velocity

sensor which drawing 1 requires for the gestalt of operation of the 1st of this invention are the top view of the detecting element in drawing 1. As shown in these drawings, the angular-velocity sensor concerning the gestalt of this operation is equipped with the detecting element 10 attached in the candidate for measurement. The long and slender tabular supporter material 11 which a detecting element 10 is formed by the non-magnetic material which has a moderate elastic modulus, and has the second parallel page, The two long and slender tabular ferromagnetic sections 12 and 13 which have the magnetostrictive effect and reverse magnetostrictive effect which were prepared in the second parallel page of this supporter material 11, respectively, The polar zone 14 prepared in the both ends of each ferromagnetic sections 12 and 13, respectively, It was wound around the perimeter of the supporter material 11 and the ferromagnetic sections 12 and 13, and has the detecting element 10 which has the coil 15 for vibrating the ferromagnetic sections 12 and 13 to a longitudinal direction according to a magnetostrictive effect (telescopic motion) by energization of alternating current.

[0009] The ferromagnetic sections 12 and 13 are formed with the ferromagnetic which has alloys (for example, permalloy (trade name)), such as a nickel-Fe system and a Co-Fe system, amorphous \*\* and a magnetostrictive effect, and a reverse magnetostrictive effect. Let the magnetostriction constant of a ferromagnetic be a larger value than  $1 \times 10^{-6}$ . As an example of a presentation of such a ferromagnetic, Co65%, Fe10%, calcium15%, and B10% are mentioned. The configuration of the ferromagnetic sections 12 and 13 is made into die length of 15mm, width of face of 0.1mm, and the thickness of 25 micrometers. As for the ferromagnetic sections 12 and 13, it is desirable to attach in a longitudinal direction possible [ sliding ] to the supporter material 11 so that it can vibrate to a longitudinal direction (telescopic motion). The polar zone 14 makes a silver paste (mixture of silver dust and organic nature hardening resin) adhere to the both ends of the ferromagnetic sections 12 and 13, and is formed in them. In a coil 15, it is the excitation signal Vr with a larger frequency than 100Hz by AC power supply 20. It is impressed. A detecting element 10 is fixed to a measurement part by using two near the both ends of the supporter material 11 as the supporting point 16, as shown in drawing 1.

[0010] The angular-velocity sensor concerning the gestalt of this operation responds to bending of the supporter material 11 further produced by the Coriolis force which acts on the ferromagnetic sections 12 and 13 with angular velocity. As a detection means to detect the signal according to the difference of the impedance of the two ferromagnetic sections 12 and 13 produced according to a reverse magnetostrictive effect It is high-frequency voltage Vs to each ferromagnetic sections 12 and 13. RF generator 21 to impress and this high-frequency voltage Vs It has the differential amplifier 22 which amplifies the difference of the current which flows in each ferromagnetic sections 12 and 13.

[0011] Here, with reference to drawing 3, the relation of the stress and the impedance which act on the ferromagnetic sections 12 and 13 of a detecting element 10 is explained. Here, as shown in drawing 3, the component 30 which joined the ferromagnetic layer 32 to the whole surface of the long and slender tabular base 31 which has a moderate elastic modulus is considered. The ferromagnetic layer 32 has a magnetostrictive effect and a reverse magnetostrictive effect like the ferromagnetic sections 12 and 13. This component 30 is fixed to a measurement part with the field where the ferromagnetic layer 32 was joined considering two near the both ends of the base 31 in the opposite side as the supporting points 34 and 34.

[0012] The alloy film and amorphous film of a ferromagnetic, such as a nickel-Fe system and a Co-Fe system, have a magnetostrictive effect, and although a magnetostriction constant ( $\lambda$ ) is  $**50 \times 10^{-6}$  to about six, it is clear to also have the reverse magnetostrictive effect from which magnetic properties, such as coercive force, an inductance, and permeability, change according to stress.

[0013] Here, the relation between the stress in the ferromagnetic which has a reverse magnetostrictive effect, and permeability is considered. When stress is set to  $\sigma$  in the case of \*\*\*\* magnetostriction, magnetoelastic energy (uniaxial anisotropy energy) E generated inside a ferromagnetic is expressed like the following (1) type (refer to the 130th page of \*\*\*\*\* "ferromagnetism" (Shokabo Publishing, 1936 issue)).

[0014]

[Equation 1]  $E = (-3/2) \lambda \sigma$  -- (1)

[0015] Magnetoelastic energy E influences the permeability  $\mu$  of a ferromagnetic, and has the

relation of the following (2) types (refer to the 187th page of the above-mentioned "ferromagnetism").

[0016]

[Equation 2]  $\mu^{**1}/E$  -- (2)

[0017] Here, variation  $\Delta\mu$  of permeability  $\mu$  can be expressed like the following (3) types in approximation in the range, i.e., the range where the absolute value of magnetoelastic energy  $E$  is small, where the absolute value of stress  $\sigma$  is small.

[0018]

[Equation 3]  $\Delta\mu^{**E}$  -- (3)

[0019] On the other hand, with the component 30 of structure as shown in drawing 3, if external force  $F$  acts on a base 31, a base 31 will bend and stress will act on the ferromagnetic layer 32. The relation between external force  $F$  and the stress  $\sigma$  which acts on the ferromagnetic layer 32 is expressed like the following (4) types. However,  $k$  is a multiplier.

[0020]

[Equation 4]  $\sigma^{**k \cdot F}$  -- (4)

[0021] (1) The following (5) types are drawn from a formula, (3) types, and (4) types.

[0022]

[Equation 5]  $\Delta\mu^{**E^{**}\lambda-\sigma^{**}\lambda-F}$  -- (5)

[0023] Since variation  $\Delta L$  of the inductance  $L$  of the ferromagnetic layer 32 is proportional to  $\Delta\mu$ , the following (6) types are drawn.

[0024]

[Equation 6]  $\Delta L^{**F}$  -- (6)

[0025] Here, when measurement angular frequency is set to  $\omega$ , the impedance  $Z$  of the ferromagnetic layer 32 is expressed with the following (7) types. However,  $R$  is resistance.

[0026]

[Equation 7]  $Z=R+j\omega L$  -- (7)

[0027] (6) A formula and (7) types show that the inductance  $L$  and impedance  $Z$  of the ferromagnetic layer 32 change according to external force  $F$ .

[0028] Drawing 4 impresses the high-frequency voltage of 13MHz among the both ends of the ferromagnetic layer 32, and when the 13MHz high frequency current is energized in the ferromagnetic layer 32, it shows an example of the result of having measured the relation between the stress (it being proportional to external force  $F$ ) which acts on a component 30, and the reactance ( $\omega L$ ) of the ferromagnetic layer 32. In addition, a left-hand side thing is used between two scales of the axis of ordinate of drawing 4 here. the reactance ( $\omega L$ ) which determines the impedance  $Z$  of the ferromagnetic section 12 from this drawing in the range where stress (external force) is small -- stress (external force) -- responding -- abbreviation -- it turns out that it changes linearly.

[0029] Moreover, as shown in drawing 3, 200 times of the coils 35 which it comes to wind are formed for lead wire in the perimeter of a base 31 and the ferromagnetic layer 32. As the result of having measured relation with the reactance ( $\omega L$ ) of the coil containing the stress, the ferromagnetic layer 32, and coil 35 which act on a component 30 when the 1MHz high frequency current was energized to this coil 35 was also shown in drawing 4. It became being the same as that of the relation between the stress which acts on the above-mentioned component 30, and the reactance ( $\omega L$ ) of the ferromagnetic layer 32. In addition, a right-hand side thing is used between two scales of the axis of ordinate of drawing 4 here. therefore, the reactance ( $\omega L$ ) which determines the impedance  $Z$  of the coil containing the ferromagnetic layer 32 and a coil 35 in the range where stress (external force) is small -- stress (external force) -- responding -- abbreviation -- it turns out that it changes linearly.

[0030] Thus, if stress acts on the ferromagnetic layer 32, the impedance of the coil containing the impedance, the ferromagnetic layer 32, and coil 35 of the ferromagnetic layer 32 will change. If the same is said of the detecting element 10 in drawing 1 and stress acts on the ferromagnetic sections 12 and 13, the impedance of the ferromagnetic sections 12 and 13 will change.

[0031] Next, an operation of the angular-velocity sensor concerning the gestalt of this operation is explained.

[0032] In the coil 15 of a detecting element 10, it is the excitation signal Vr with a larger frequency than 100Hz by AC power supply 20. It is impressed and alternating current energizes to a coil 15. Thereby, each ferromagnetic sections 12 and 13 are excited and each ferromagnetic sections 12 and 13 vibrate to a longitudinal direction according to a magnetostrictive effect (telescopic motion). Thus, if the ferromagnetic sections 12 and 13 under vibration rotate with angular velocity omega as shown in drawing 1, in the ferromagnetic sections 12 and 13, it is Coriolis force Fc. It acts. If the ferromagnetic section 12 and the rate of vibration of 13 are set to v, it is Coriolis force Fc. Having the magnitude proportional to omegav, a direction turns into a direction which rotated the 90 degrees of the directions of a rate v in the direction opposite to the direction of angular velocity omega. The ferromagnetic sections 12 and 13 are Coriolis force Fc. The supporter material 11 bends by winning popularity, and when one side of the ferromagnetic sections 12 and 13 is extended, stress acts on the ferromagnetic sections 12 and 13 so that another side may be shrunken. Since the variation of the impedance of the ferromagnetic sections 12 and 13 differs by this while the impedance of the ferromagnetic sections 12 and 13 changes with reverse magnetostrictive effects, it is generated in the impedance of the ferromagnetic sections 12 and 13 at a difference. Therefore, it can ask for angular velocity omega by detecting the signal according to the difference of the impedance of the ferromagnetic sections 12 and 13. In order to detect the signal according to the difference of the impedance of the ferromagnetic sections 12 and 13 with the gestalt of this operation, it is high-frequency voltage Vs to each ferromagnetic sections 12 and 13 by RF generator 21. It impresses, the difference of the current which flows in each ferromagnetic sections 12 and 13 is amplified with the differential amplifier 22, and it can ask for angular velocity omega from the output of the differential amplifier 22.

[0033] According to the angular-velocity sensor applied to the gestalt of this operation as explained above, since the configuration is easy, cost can be reduced. Moreover, since the signal according to the difference of the impedance of the same ferromagnetic sections 12 and 13 was detected while the configuration was easy, a drift and offset are small (most offset can be made zero), and precision improves. Furthermore, by the angular-velocity sensor concerning the gestalt of this operation, since the big output of 10 times or more is obtained [ the angular-velocity sensor using the conventional piezoelectric device ], sensibility improves.

[0034] Drawing 5 is the explanatory view showing the configuration of the angular-velocity sensor concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention. The angular-velocity sensor concerning the gestalt of this operation is equipped with the detecting element 40 attached in the candidate for measurement. The detecting element 40 has the supporter material 41 formed by the non-magnetic material which has a moderate elastic modulus. The supporter material 41 arranges two long and slender plate-like parts 41a and 41b in parallel at the predetermined spacing, and is formed in the configuration which connected between the both ends of these plate-like parts 41a and 41b. The two long and slender tabular ferromagnetic sections 42 and 43 which have the magnetostrictive effect and reverse magnetostrictive effect by which the detecting element 40 was formed in the second page with the still more nearly parallel outside of the plate-like parts 41a and 41b of the supporter material 41, respectively, Coil 45a for detecting change of the impedance of the ferromagnetic section 42, while being wound around the perimeter of plate-like part 41a and the ferromagnetic section 42 and vibrating the ferromagnetic section 42 to a longitudinal direction according to a magnetostrictive effect by energization of the high frequency current (telescopic motion), It is wound around the perimeter of plate-like part 41b and the ferromagnetic section 43, and while vibrating the ferromagnetic section 43 to a longitudinal direction according to a magnetostrictive effect by energization of the high frequency current (telescopic motion), it has coil 45b for detecting change of the impedance of the ferromagnetic section 43. The ferromagnetic sections 42 and 43 are the same as that of the ferromagnetic sections 12 and 13 in the gestalt of the 1st operation, and the mounting arrangement for plate-like parts 41a and 41b of them is the same as that of the gestalt of the 1st operation. A detecting element 40 is fixed to a measurement part by using two near the both ends of the supporter material 41 as the supporting point 46.

[0035] The angular-velocity sensor concerning the gestalt of this operation responds to bending of the plate-like parts 41a and 41b further produced by the Coriolis force which acts on the ferromagnetic sections 42 and 43 with angular velocity. As a detection means to detect the signal

according to the difference of the impedance of the two ferromagnetic sections 42 and 43 produced according to a reverse magnetostrictive effect RF generator 51 which impresses high-frequency voltage Vs to each coils 45a and 45b, and this high-frequency voltage Vs It has the differential amplifier 52 which amplifies the difference of the current which flows to each coils 45a and 45b. [0036] Next, an operation of the angular-velocity sensor concerning the gestalt of this operation is explained.

[0037] The high-frequency voltage of 1MHz is impressed to each coils 45a and 45b of a detecting element 40 by RF generator 51. This high-frequency voltage serves as the high-frequency voltage for detecting change of the excitation signal for vibrating each ferromagnetic sections 42 and 43, and the impedance of each ferromagnetic sections 42 and 43. By impression of this high-frequency voltage, each ferromagnetic sections 42 and 43 vibrate to a longitudinal direction according to a magnetostrictive effect (telescopic motion). Thus, if the ferromagnetic sections 42 and 43 under vibration rotate with angular velocity omega as shown in drawing 5, in the ferromagnetic sections 42 and 43, it is Coriolis force Fc. It acts. If the ferromagnetic section 42 and the rate of vibration of 43 are set to v, it is Coriolis force Fc. Having the magnitude proportional to omegav, a direction turns into a direction which rotated the 90 degrees of the directions of a rate v in the direction opposite to the direction of angular velocity omega. The ferromagnetic sections 42 and 43 are Coriolis force Fc. The plate-like parts 41a and 41b of the supporter material 41 bend by winning popularity, and when one side of the ferromagnetic sections 42 and 43 is extended, stress acts on the ferromagnetic sections 42 and 43 so that another side may be shrunken. Since the variation of the impedance of the ferromagnetic sections 42 and 43 differs by this while the impedance of the ferromagnetic sections 42 and 43 changes with reverse magnetostrictive effects, it is generated in the impedance of the ferromagnetic sections 42 and 43 at a difference. Therefore, it can ask for angular velocity omega by detecting the signal according to the difference of the impedance of the ferromagnetic sections 42 and 43. With the gestalt of this operation, the difference of the current which flows to each coils 45a and 45b by impression of the high-frequency voltage by RF generator 51 is amplified with the differential amplifier 52, and it asks for angular velocity omega from the output of this differential amplifier 52.

[0038] The configuration of others of the angular-velocity sensor concerning the gestalt of this operation, an operation, and effectiveness are at the gestalt and this appearance of the 1st operation.

[0039] In addition, this invention is not limited to the gestalt of each above-mentioned implementation, for example, the conditions of the configuration of the ferromagnetic sections 12, 13, 42, and 43, an ingredient, etc. can be suitably set up according to an application etc. Moreover, the configuration of a detection means detects the phase contrast of the current which flows to the coils 45a and 45b in the phase contrast of a current and the gestalt of the 2nd operation which are not limited to what was shown in the gestalt of each operation, for example, flow in the ferromagnetic sections 12 and 13 in the gestalt of the 1st operation, and you may make it ask for angular velocity from this phase contrast. Moreover, for example, the ferromagnetic sections 12 and 13, the ferromagnetic section 42 and coil 45a, the ferromagnetic section 43, and coil 45b are constituted, respectively so that it may be set to L (inductance) of LC (inductance capacitor) oscillator, and you may make it ask for angular velocity from change of the oscillation frequency of each LC oscillator.

[0040]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the angular-velocity sensor of this invention, the ferromagnetic section is vibrated to a longitudinal direction according to a magnetostrictive effect. Since angular velocity was detected by detecting the signal according to the difference of the impedance of the two ferromagnetic sections produced according to a reverse magnetostrictive effect according to bending of the supporter material produced by the Coriolis force according to angular velocity. Since a drift and offset become small while a configuration is easy, and sensibility improves, since a big output is moreover obtained compared with the angular-velocity sensor using the conventional piezoelectric device, the effectiveness that precision improves is done so.

---

[Translation done.]

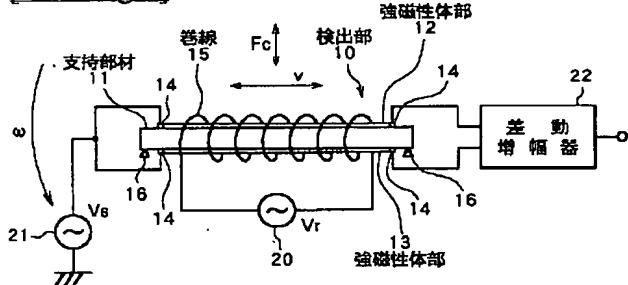
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

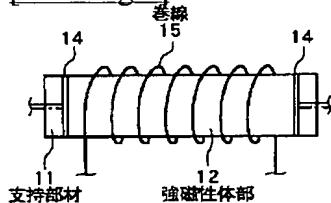
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

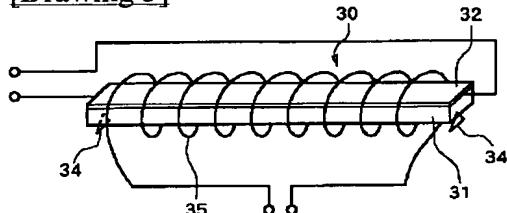
## [Drawing 1]



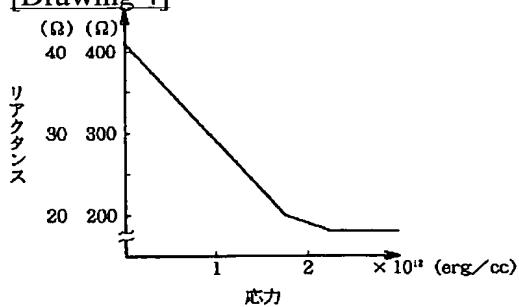
## [Drawing 2]



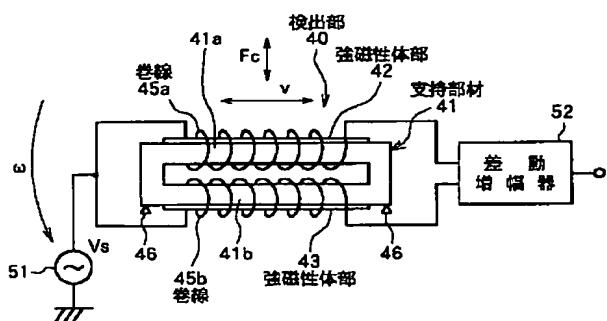
## [Drawing 3]



## [Drawing 4]



## [Drawing 5]



---

[Translation done.]